

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ

Емелюшин А.Н., Петроченко Е.В., Шекунов Е.В., Нефедьев С.П.

ГОУ ВПО «Магнитогорский Государственный Технический Университет
им. Г.И. Носова»

magoktant74@mail.ru

Работоспособность деталей машин и инструмента зачастую определяется состоянием поверхностного слоя. Поэтому, наряду с совершенствованием объёмного структурного состояния металла, не меньшее, а зачастую и большее значение имеет состояние поверхности. Разрушение деталей чаще всего начинается с поверхности из-за износа, усталочных трещин, вызванных механическим, тепловым и другими видами воздействия. Наличие дефектов, степень и глубина упрочнения, уровень остаточных внутренних напряжений и их знак, структура, плавности перехода к материалу сердцевины и т.п. чаще всего определяют надёжность и срок службы изделий.

Перспективный метод упрочнения – воздействие на обрабатываемую поверхность плазменной струи различной плотности мощности. Наибольший интерес представляет применение плазменных источников энергии различных типов, которые позволяют получать струи плазмы со скоростями до 20^5 м/с, и плотностью потока энергии 10^9 Вт/см². [1]

Современные инверторные источники питания обеспечивают динамические свойства сжатой дуги, необходимые для создания плотности мощности на уровне лазерного излучения [2]. А стоимость в расчёте на киловатт мощности излучения лазерного луча и плазменной струи соответственно 2000000 руб. и 10000 руб. К тому же очевидным преимуществом плазменного упрочнения над всеми остальными методами поверхностного упрочнения, является возможность использования универсального оборудования как для напыления, так и для закалки, а в некоторых случаях и для наплавки. При плазменной закалке всех типов сталей и некоторых чугунов [3, 4], представляет интерес использование в качестве плазмообразующего газа – воздуха или смеси воздуха с газами-заменителями ацетилена - пропан-бутаном или природным газом. Применение ацетилена в большинстве случаев является экономически нецелесообразным.

Плазменная закалка изделий из сталей типа 45, 40Х, 65Г и других, является одним из немногих способов существенного повышения надёжности и долговечности оборудования, когда невозможно упрочнение объёмной термической обработкой, наплавкой или другими способами.

В данной работе исследуются фазовые и структурные превращения в углеродистых и низколегированных сталях под воздействием плазменной струи различного типа и мощности. Обработке подвергались образцы сталей 45, 40Х, 65Г и др. размерами 50×30×20 мм. Применялись плазмотроны различной мощности от 2 до 40 кВт. Размеры упрочнённой зоны варьировались в

достаточно широких интервалах: ширина от 3 до 20 мм глубина от 0,5 до 3 мм. За границу зоны закалки приняли полумартенситную зону (рис. 1).

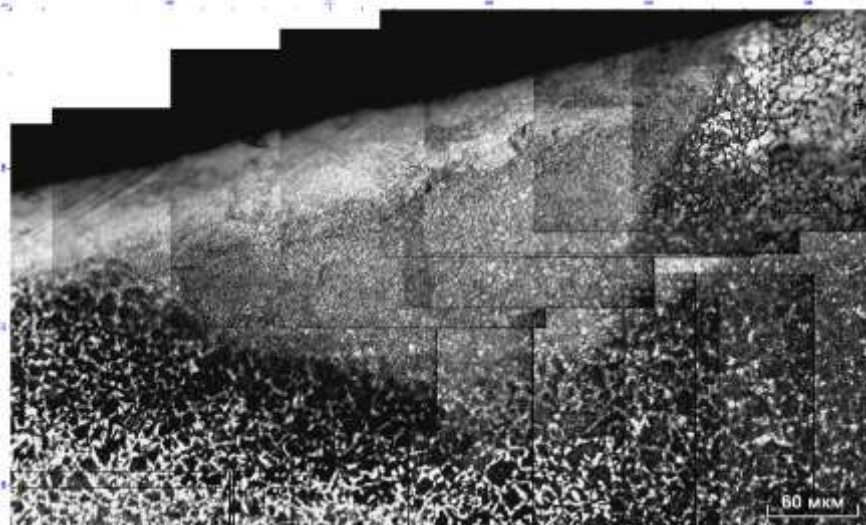


Рисунок 1. микроструктура упрочненной зоны на образце из стали 45, $\times 200$.

Во всех случаях на конечные свойства зоны закалки оказывают влияние параметры обработки. Так при увеличении скорости перемещения плазмотрона относительно обрабатываемого изделия, при прочих равных условиях, происходит последовательный переход от закалки с оплавлением к закалке с микрооплавлением, закалке без оплавления, неполной закалке и даже отпуску слоя металла. Так изделия из поковки стали 45 имеют твёрдость $15 \div 20$ HRC в состоянии поставки, а в результате чрезмерного повышения скорости перемещения плазмотрона твёрдость понижается до $8 \div 10$ HRC.

Наибольшую практическую значимость имеет режим закалки на максимальную твёрдость без оплавления поверхности. Для сталей 45 и 40X при плотности мощности 5 кВт/см^2 и расстоянии до обрабатываемого изделия 6 мм, максимальная твёрдость наблюдается при схожих скоростях обработки. Это объясняется близкими значениями коэффициента теплопроводности и удельной теплоёмкости данных сталей в высокотемпературном интервале (выше A_{C3}) нагрева поверхностных слоёв металла (таблица 1).

Для закалки на максимальную твёрдость доэвтектоидной стали необходим нагрев поверхностного слоя металла до температуры выше A_{C3} , но ниже температуры солидус. Плазменная струя обеспечивает нагрев до температур значительно выше A_{C3} , и даже ликвидус, (чего нельзя допускать), а значит, режим закалки должен обеспечивать с одной стороны скоростной нагрев и последующее быстрое охлаждение, а с другой, некоторую выдержку при этой температуре для прогрева нижележащих слоёв металла и завершения фазовых и структурных превращений в уже нагретом слое [5]. В этом случае возможно задавать поверхностному слою не только максимально достижимую для данного металла твёрдость, но и регулировать глубину закалённого слоя.

Таблица 1- Физические свойства сталей 45 и 40Х

Температура, °С	-100	-200	-300	-400	-500	-600	-700	-800
коэфф. теплопроводности, Вт/(м×°С)	$\frac{41}{41}$	$\frac{48}{40}$	$\frac{47}{38}$	$\frac{44}{36}$	$\frac{41}{34}$	$\frac{39}{33}$	$\frac{36}{31}$	$\frac{31}{30}$
удельная теплоёмкость, Дж/(кг×°С)	$\frac{473}{466}$	$\frac{498}{508}$	$\frac{515}{529}$	$\frac{536}{563}$	$\frac{583}{592}$	$\frac{578}{622}$	$\frac{611}{634}$	$\frac{640}{664}$

* В числителе даны значения для стали 45, в знаменателе – 40Х.

Мощность плазменной струи играет существенное значение для построения режима упрочнения. Причём для каждой конкретной детали необходимо подбирать свои параметры технологического режима закалки, исходя из требований чертежа или условий работы.

Повышение мощности струи во всех случаях способствует росту производительности плазменной закалки, повышению технологических свойств упрочнённых изделий, однако иногда это приводит к короблению (при закалке тонкостенных изделий) или появлению зоны микро- или даже макроплавления.

Таким образом, регулируя параметры плазменной струи возможно добиваться получения износостойких поверхностей на сталях и сплавах когда прочие методы упрочнения неприменимы.

Список литературы

1. Плазменное поверхностное упрочнение металлов// А.Е. Балановский. Иркутск: Изд-во ИрГТУ.2006.180с.
2. Плазменное упрочнение и напыление// Г.И. Лащенко. К.: Экотехнология. 2003, 64с.
3. Плазменная закалка чугуновых штампов// В.А. Коротков, А.В. Шекуров, Д.С. Бабайлов, А.С. Зотов/Ремонт, восстановление, модернизация. №1. 2007. стр.31÷34.
4. Структура закалённых углеродистых сталей после плазменного поверхностного нагрева// А.А. Бердников, М.А. Филиппов, Е.С. Студенок/МирТОН. №6. 1997. стр.2÷4.
5. Температурный режим обработки сталей плазменным источником тепла// А.Н. Емелюшин, Е.В. Петроченко, С.П. Нефедьев, Е.В. Шекунов, В.В. Мошкунов/ Материаловедение и термическая обработка металлов. Межд. сб. научн. тр. под ред. А.Н. Емелюшина и Е.В. Петроченко. Магнитогорск: ГОУ ВПО МГТУ. 2009. стр. 115÷119.